



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

**ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA: A MONTAGEM
DA MÁQUINA WIMSHURST COMO PROPOSTA DE RECURSO
DIDÁTICO NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA**

ROGÉRIO VIANA GOMES

ORIENTADOR: FRANCO DE SALLES PORTO

Planaltina - DF

Novembro de 2016



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

**ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA: A
MONTAGEM DA MÁQUINA WIMSHURST COMO PROPOSTA
DE RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA**

ROGÉRIO VIANA GOMES

ORIENTADOR: FRANCO DE SALLES PORTO

*Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora,
como exigência parcial para a
obtenção de título de Licenciado do
Curso de Licenciatura em Ciências
Naturais, da Faculdade UnB
Planaltina, sob a orientação do
Professor Franco de Salles Porto.*

Planaltina - DF

Novembro de 2016

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me abençoa nas minhas lutas.

Á minha mãe, meu pai e meus irmãos que me incentivaram a nunca desistir e aos demais membros da minha família que me deram suporte para continuar. A minha namorada, por fazer parte deste momento tão especial.

Agradeço em especial, a meu orientador Prof. Franco Salles, por aceitar gentilmente me guiar nessa importante etapa, por todo auxílio, atenção e suporte que me ofereceu com a construção da máquina de Wimshurst.

Em geral, a todos os docentes da FUP que fizeram parte desta caminhada e que contribuíram de forma significativa para minha formação.

Á todos meus amigos que fiz ao longo da graduação, em especial para o “Time Fupianos”, que me proporcionaram momentos felizes e de muito aprendizado.

A MONTAGEM DA MÁQUINA WIMSHURST COMO PROPOSTA DE RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA.

Rogério Viana Gomes ¹

RESUMO

Diante das dificuldades na aprendizagem de física e as limitações dos professores em utilizar uma metodologia que minimize esse problema, a presente pesquisa tem como objetivo propor o uso da Máquina de Wimshurst como recurso didático no ensino de Física. Será apresentada a confecção da máquina, a partir de materiais de fácil obtenção, destacando seu funcionamento e aplicação, para que possa servir como auxílio ao professor durante explicações de temas relacionados à eletrostática. Com base nesse conteúdo, serão propostos experimentos alternativos a partir da máquina de Wimshurst. Essa pesquisa não tem o enfoque de avaliar a eficácia do recurso, mas, possibilitar uma alternativa do professor adotar a experimentação na prática pedagógica.

Palavras-chaves: Ensino de Física, Atividade Experimental, Máquina de Wimshurst.

1. INTRODUÇÃO

Grande partes os alunos sentem-se desmotivados e desinteressados pela Física. E uma parcela desses motivos está relacionada com a prática utilizada pelos professores, uma vez que seu método de ensino é baseado em quadro, giz e livro, fazendo uso de inúmeras fórmulas e exigindo cálculos e não relacionam a teoria desenvolvida em sala com a realidade. Nesse contexto Gaio (2009, p. 3) afirma que os “conteúdos são praticados de maneira designadamente teórica, enfatizando somente a memorização de leis, fundamentos e conceitos, aulas repletas de expressões matemáticas e fora do contexto do aluno”. Podendo assim, destacar uma das dificuldades encontradas pelos alunos e professores no processo de ensino-aprendizagem da Física.

É necessário, propor aos alunos atividades diferentes daquelas que vêm sendo utilizadas que possam contribuir para elevar a qualidade da educação nas escolas, com

¹ Curso de Ciências Naturais - Faculdade UnB de Planaltina

estratégias para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido os PCN's de Ciências Naturais destaca que, "São especialmente interessantes atividades que envolvam participação oral, como debates, dramatizações, entrevistas e exposições espontâneas ou preparadas, atividades em grupo voltadas para a experimentação, observação e reflexão" (BRASIL, 1998, p.58).

Como forma de contribuir com a redução dessa problemática, as atividades práticas experimentais podem ser vistas como uma importante saída metodológica e facilitadora no processo ensino-aprendizagem de Física. De acordo com os trabalhos de Borges (2002) e Pinho-Alves (2005) ressalta que as atividades experimentais (AE) não serão à saída das dificuldades na obtenção do ensino de Física. Mas poderão ser empregadas como ferramenta de trabalho do professor no procedimento de ensino-aprendizagem.

Para Rosito (2008) a experimentação exerce uma atribuição substancial para um bom ensino de Ciências, pois possibilita aos educandos maior contato com o professor, uma aproximação do trabalho científico.

A experimentação é uma atividade fundamental no ensino de Ciências (ALVES, STACHAK, 2005; GALIAZZI et al 2001; GIORDAN, 1999; OLIVEIRA, 2012; ROSITO 2008). Pois pode despertar o interesse entre alunos de diversos níveis de escolarização devido ao seu caráter motivador e lúdico, vinculado aos sentidos (GIORDAN, 1999).

Segundo Laburú (2006) os alunos se sentem mais atraído pela experimentação gerando grandes expectativas. Assim os professores podem aproveitar a experimentação para construir conceitos, explicar fenômenos e trabalhar a investigação. Nesse sentido, Oliveira (2012) afirma que, a experimentação quando trabalhada em sala de aula, favorece incontáveis e notáveis benefícios no ensino e aprendizagem de ciências, sendo aplicado com diferentes objetivos.

A introdução das AE no ensino de Física favorece um maior contato entre professores e alunos, permitindo que com ações conjuntas haja maior acumulação de conhecimento

científico, possibilitando aos estudantes uma compreensão de como a Física sai do abstrato para a realidade em prática. As AE em sala colaboram para adquirir conhecimento conceitos científicos, para descobrir e por em forma correta os conceituais errôneo dos alunos, revelar a capacidade e manipular objetos, para despertar o ânimo para criar (OLIVEIRA, 2012). Fundamentado nessa técnica de ensino, Araújo e Abib (2003), afirmam que,

[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 176).

Ainda sobre o estudo de Araújo e Abib (2003), as AE podem tanto ilustrar e tornar menos abstratos os conceitos físicos, como tornar-se fácil a determinação do significado dos princípios do comportamento dos sistemas físicos estudados, como para a resolução de problemas. Transformando assim, o estudo agradável ao seu aprendizado, motivando a participação dos alunos, propiciando o desenvolvimento da capacidade de observação e o progresso intelectual dos estudantes.

Seguindo esse sentido Oliveira (2012), afirma que;

As atividades experimentais podem ser organizadas de diversas maneiras, desde estratégias que focalizam a simples ilustração ou verificação de leis e teorias até aquelas que estimulam a criatividade dos alunos e proporcionam condições para refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos científicos (OLIVEIRA, 2012, p. 147).

É importante acentuar a relevância e funções dos recursos didáticos exercem no trabalho dos professores e na aquisição do conhecimento dos alunos, nas atividades experimental. Para SOUZA (2007).

Utilizar recursos didáticos no processo de ensino-aprendizagem é importante para que o aluno assimile o conteúdo trabalhado, desenvolvendo sua criatividade, coordenação motora e habilidade de manusear objetos diversos que poderão ser utilizados pelo professor na aplicação de suas aulas. (SOUZA 2007, p.112-113).

Diante do cenário atual da aprendizagem no ensino de física e a importância das ferramentas que auxiliem o professor a transformar essa realidade, propomos para este trabalho a confecção da máquina de Wimshurst como proposta de recurso didático para o ensino de eletrostática.

As Máquinas Wimshurst provocam o surgimento da eletricidade estática, gerando uma diferença de potencial devido à acumulação das cargas, chegando a romper a rigidez dielétrica do ar. Consequentemente, descargas elétricas semelhantes a pequenos raios são produzidas. Essas máquinas possibilitam ao professor trabalhar em sala de aula vários conceitos relacionados como, carga elétrica, eletrização por contato e por indução, acúmulo de carga elétrica, tensão e princípios dos raios e relâmpagos.

A relevância desse trabalho é justificada em proporcionar uma diferente abordagem para o ensino-aprendizagem da Física, visto que os alunos sentem muitas dificuldades e as estratégias usadas não minimiza os efeitos negativos da realidade do ensino que torna a Física desmotivante e sem interesse para os mesmos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Dificuldade no Ensino de Física

A Física é a ciência que estuda os fenômenos naturais. Por ser uma das áreas de ciência, faz uso do método científico, fundamenta-se principalmente no uso da matemática e na coerência quando da formulação de seus conceitos. Fernandes (1997, p 53) “A Física é uma ciência constituída por modelos e teorias que pretendem explicar a realidade, possibilitando uma melhor compreensão do mundo”. Sendo assim, o estudo da física é de extrema significância, pois coloca os alunos frente à situação concretas e reais.

Nos últimos anos tem-se aumentado o número de pesquisa no campo da Ciência procurando identificar o insucesso associado à aprendizagem. Devido a Física está tão presente a nossa realidade, pesquisas apontam que uma das dificuldades de aprendizagem,

está na falta da conexão dos conteúdos com o cotidiano do aluno. Para Pietrocola (2002), uma das dificuldades enfrentadas no ensino das ciências, é o uso da Matemática. Em seu trabalho, o autor relata afirmação que para alguns professores o sucesso no aprendizado de física poderia se dar melhor, tendo uma boa base na matemática.

Percebe-se hoje nas escolas, que as abordagens para o conhecimento são idênticas com as praticadas anos atrás com contínuas apresentação de leis e fórmulas pelo professor, adotadas de muitos exercícios e problemas para aplicação das mesmas deixando os alunos desmotivação e desinteressados pela Física, sem suprir a exigência do mundo contemporâneo. Segundo Guimarães (2009) Muitas críticas ao ensino tradicional referem-se à forma que o professor realiza contato dos alunos com os conteúdos, os deixando como ouvinte das informações, sem que os aprendizes participe diretamente com o que é passado. Seguindo a prática usada nos dias atuais e falta de conexão dos temas trabalhado com o cotidiano, Ramos e Rosa (2008) afirmam que, não tem mais justificativa em aprender ciências unicamente por aulas expositivas, ligadas à memorização sem agregar com o cumprimento diária do aluno.

Outro fator que dificulta a compreensão da Física em sala de aula é a linguagem. Menegotto e Filho (2008) afirmam que os alunos não estão compreendendo as palavras usadas nas aulas de Física. A comunicação tem particularidade na relação professor-alunos, com uma linguagem adequada acaba tendo uma maior interação e troca de informações entre os participantes. De acordo com o estudo de Menegotto e Filho (2008),

Os estudantes não conseguem compreender o assunto estudado da forma que o professor o propõe. É importante abordar os conteúdos de maneira que conduza os estudantes à reflexão e à interação, como sujeitos participantes do processo, e não como meros expectadores (MENEGOTTO e FILHO 2008, p. 309).

O que se podem observar é que diversos fatores causam as dificuldades no ensino de Física. Quando se trata do planejamento de atividades educacionais, cabe aos professores em conjunto com a escola uma parceria a resolver partes dos problemas. Quanto a prática pedagógica, relacionamos as atividades experimentais, como sendo uma ferramenta voltada para a presença plena dos estudantes, minimizando/preenchendo lacunas causadas pelo atual

modelo de ensinar Física. Cabe ao professor compreender as dificuldades de seus alunos por meio da sua metodologia aplicada, para que consiga tanto facilitar o desempenho pessoal como contornar as dificuldades de aprendizagem dos discentes.

2.2. Atividades Experimentais

A ação de experimentar no ensino de Física é de fundamental importância no processo ensino-aprendizagem e tem sido ressaltado por muitos autores (ALVES, STACHAK, 2005 p. 1). Porém não é difícil constatar que a experimentação nas escolas é raramente utilizada pela maioria dos professores como consta Galiazzi et al (2001). Os seguintes fatores: Ausência de um trabalho coletivo que envolva todos os educadores; indisponibilidade ou qualidade de material, excessivo número de alunos em sala de aula, formação precária dos professores, falta de tempo para as aulas, estímulo dentro das escolas para a manutenção de uma postura tradicionalista de ensino, necessidade de laboratorista, inexistência de programação e articulação entre atividades experimentais com o curso, são apontados como possíveis justificativas para a não implementação da experimentação no ensino de Ciências, em particularidade, no ensino de Física, (MASSABNI e ANDRADE 2011; RAMOS e ROSA 2008).

Segundo Borges (2002) A experimentação pode propiciar uma aproximação do ensino com a própria estrutura da Física, podendo simplificar o aprendizado e entendimento dos princípios da ciência, como também podem levar a obtenção de habilidades cognitivas pertinente com os processos básicos da ciência.

São muitos os benefícios das AE nas aulas de Física. Sua utilização pode tornar as aulas menos cansativas e até mais prazerosas, aproximando a teoria da realidade, tornando-se umas das melhores estratégias a ser trabalhado. O uso da experimentação, segundo Araújo e Abib (2003), tem a capacidade de:

Estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem e também, propicia a construção de um ambiente motivador, agradável,

estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência. (Araújo e Abib, 2003, p. 190).

Segundo Bueno e Kovaliczn (2012) colocam que as AE devem ser compreendidas como condições no qual o discente aprende a fazer hipótese, e a comunica-se com os colegas, com o professor, apresentando seus pensamentos, suas conjecturas, confrontando seus erros e acertos. Dessa forma, a AE quando bem empregada podem levar os alunos participem das discussões, saindo do estado de inércia de mero ouvinte das explicações, além de considerar relevantes os conceitos trabalhados, beneficiando assim com sua aprendizagem. Para que ocorram tais vantagens, esse tipo de aula requer um tempo maior do professor levando em conta o planejamento das atividades com os objetivos pretendidos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Propor a montagem da máquina Wimshurst como recurso didático no auxílio do professor na explicação de temas no ensino de eletrostática.

3.2. Objetivos Específicos

- Apresentar a descrição dos componentes da máquina de Wimshurst;
- Descrever o funcionamento da máquina de Wimshurst;
- Propor experimentos alternativos de eletrostática a partir da máquina de Wimshurst;

4. METODOLOGIA

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica acerca da máquina Wimshurst. Segundo Fonseca (2002 p. 31-32) “A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento

de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites”.

Em seguida foi confeccionada a máquina Wimshurst e funcionamento, como sugestão para o conteúdo de eletrostática. Posteriormente foram propostos experimentos alternativos para aplicação em sala de aula com o uso da máquina.

Como a máquina se trata de assunto de eletrostática, os experimentos testados buscou está diretamente ligados ao princípio, como por exemplo:

- Carga elétrica;
- Tipos de Eletrização;
- Acúmulo de carga elétrica,
- Campo elétrico.

5. RESULTADOS

5.1. Máquina de Wimshurst

James Wimshurst (figura 1), engenheiro e inventor físico, nasceu em Poplar, Inglaterra, em 1832, ele projetou e criou a máquina que leva seu nome, "Máquina de Wimshurst" (figura 2) em 1880, sintetizando é um gerador eletrostático ou uma fonte de alta tensão.

Na época a atenção da pesquisa sobre eletricidade estava voltada para aplicações práticas como iluminação elétrica, motores elétricos, telefonia e telegrafia, com muito da pesquisa básica, que se iniciou pela eletrostática, e utilizou extensivamente máquinas de atrito, já realizada. Houve uma retomada no interesse por aplicações práticas para estas máquinas após a descoberta dos raios X em 1895, como fontes de alta tensão para acionar os tubos de Crookes, mas com o advento de eletrificação generalizada, logo fontes de energia mais confiáveis foram desenvolvidas, e as máquinas eletrostáticas de discos passaram a ser

apenas dispositivos de demonstração. A máquina assim reinou nos laboratórios até o surgimento do gerador eletrostático Van De Graaff em 1931 (QUEIROZ 1999).

Figura 1- James Wimshurst

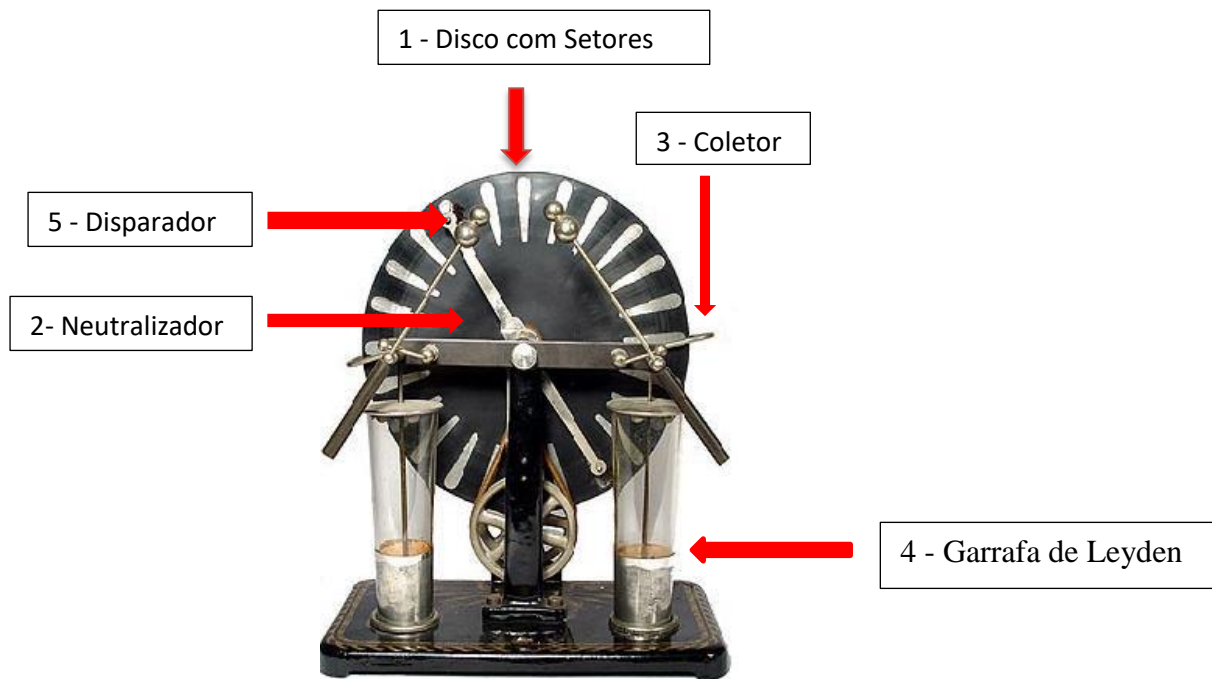


Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/James_Wimshurst

A máquina consiste em dois discos, acrílico ou de vidro, o que é importante é que seja de um material isolante, ambos os discos estão em paralelos, dispostos sobre um eixo horizontal, e a uma curta distância uns dos outros de modo que possam rodar rapidamente em direção oposta. Eles possuem radialmente espaçados lâminas metálicas (setores) de bordas arredondadas para diminuir as perdas de carga, essas lâminas adquirem um tipo de carga devido à fricção com dois pentes nas extremidades de uma haste metálica, fixadas na frente de cada disco, são os neutralizadores.

A sua rotação é efetuada com o auxílio de dois pares de polias ligadas por uma corda sem fim, sendo uma cruzada, em um eixo, contendo em uma extremidade uma manivela. Nas extremidades horizontais dos discos existem duas peças metálicas em forma de U que possuem escovas metálicas condutoras como cobre ou alumínio, são chamadas de coletores, mantendo uma pequena distância dos discos sem nunca toca-los, diferente das escovas que escovam a parede dos discos. Cada coletor está ligado a uma garrafa de Leyden, que funciona como capacitor, cuja função é armazenar as cargas elétricas e por sua vez estão terminais ou as vara de descarga onde vão gerar uma faísca. Como mais detalhes das partes da máquina podemos observar na figura 2.

Figura 2 - Partes da Máquina de Wimshurst

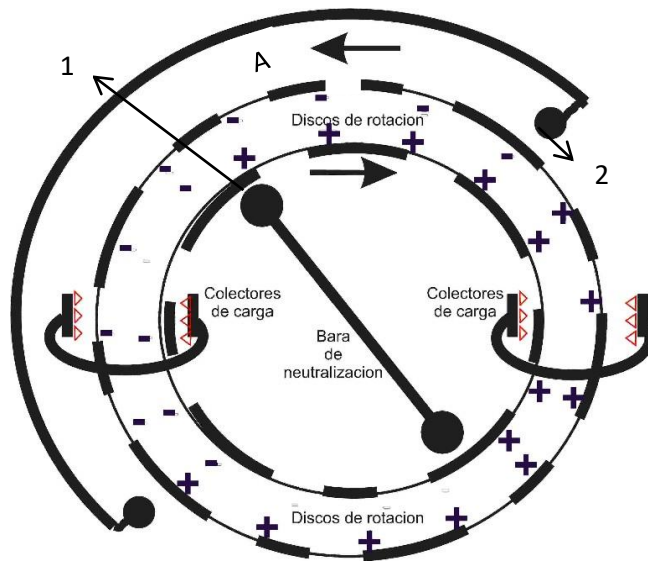


Fonte: <http://www.faiscas.com.br/tercmaq.html>.

Ao girar a manivela (figura 15) o setor metálico do disco entra em contato com o neutralizador. O setor atrairá para si uma carga oposta à carga do setor metálico do segundo disco por influência do campo elétrico.

Consideremos um setor metálico A representado na (figura 3) inicialmente com carga negativa, então por influência essa carga negativa fará com que uma carga de mesmo sinal seja retirada do setor metálico do outro disco (de modo que este ficará com carga positiva) percorrendo o neutralizador e chegando ao setor metálico em contato com outra extremidade do mesmo neutralizador. Os setores metálicos do disco que gira no sentido horário ao passarem pela extremidade 1 do neutralizador da parte superior adquirem carga positiva e quando esses setores passam próximos aos setores metálicos do disco que gira no sentido anti-horário que estão em contato com a extremidade 2 do outro neutralizador, induzem carga negativa (NUNES, 2011).

Figura 3 - Esquema do funcionamento da máquina



Fonte: https://www.upct.es/seeu/as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/web/wimshurst.htm

Partes das cargas dos seletores carregados são recolhidas pelos coletores. Essas cargas viajarão dos coletores as varas de descargas com disparadores em sua extremidade, sendo que cada ficará com um tipo de carga.

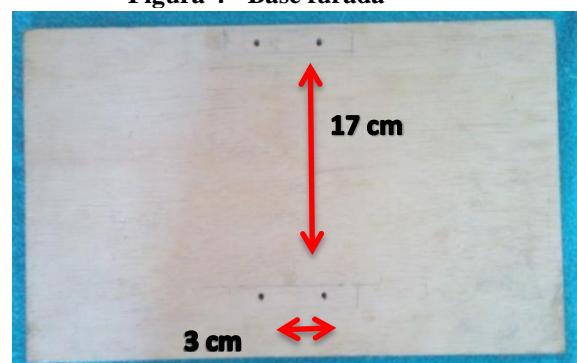
Quando disparadores são aproximados há um aumento de campo elétrico na região, conseqüentemente ocorre o rompimento da rigidez dielétrica e provocando uma faísca elétrica entre os disparadores.

5.2. Construção da máquina de Wimshurst

5.2.1. Material utilizado

- 1 Placa de madeira retangular para a base 42 x 20 x 2cm (figura 4);
- 12 Elásticos amarelos

Figura 4 - Base furada



2 polias pequenas conforme as especificações das figuras 8, com furo central de 7mm;
 Protetor de fogão embalagem de alumínio;
 2 disco de vinil;

Figura 5 - Disco de vinil furado



Figura 6 - Protetor de fogão e molde do setor



2 potes plástico no formato de cilindro;
 Papel alumínio;
 2 placas de madeira para as laterais com furos na parte superior e inferior conforme as especificações da figuras 7;

Figura 7 – Suportes laterais

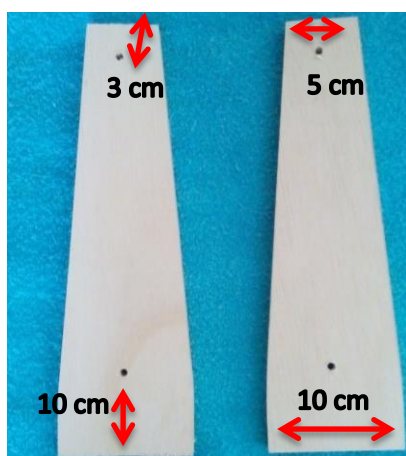
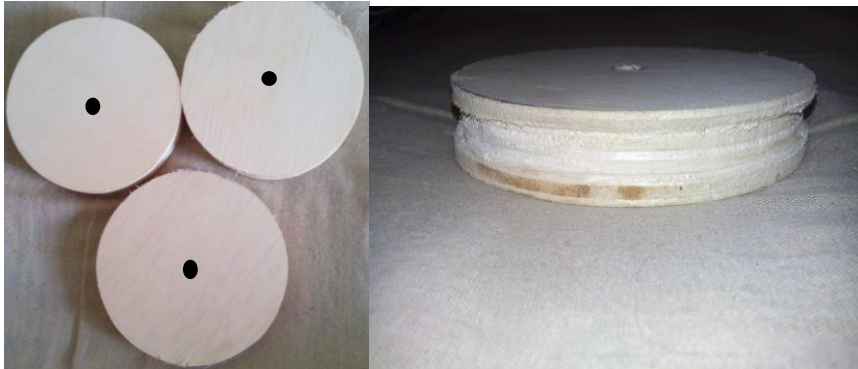


Figura 8 – Polia superior



3 varetas rosqueada de 20 cm de comprimento e 6 mm diâmetro
 2 varetas de aço de aproximadamente 6 mm de diâmetro e 25 cm de comprimento
 2,5 metros de fio de cobre rígido;
 Fita isolante
 1 metro de fio de cobre de baixo calibre;
 16 Parafusos de 6mm com rosca soberba;
 3 polias de 10 cm de diâmetro de madeira (figura 9).

Figura 9 – Polias para fixação no eixo inferior



10 porcas sextavadas de 10mm;

Cola

2 puxadores de gaveta de madeira;

1 placas de madeira para sustentar os coletores de 40 x 4 x 2 cm.

5.2.2. Montagem da Máquina.

A Base

Na tabua de compensado retangular com 42 cm de comprimento 20 cm de largura e de aproximadamente 2 cm de espessura deve ser feito furos conforme as distâncias apresentado na figura. Parafusamos as bases laterais na base para apoiar os eixos.

Discos

Um dos discos gira em sentido contrário ao outro e por isso usa-se polias independentes, sendo uma delas com o elástico em forma de 8 para que possa ocorrer essa inversão da rotação. Deve foi feito um modelo de setor conforme características apresentadas na figura 10. Para fazer este modelo de setor basta desenhar uma circunferência com raio 4 cm e uma circunferência com raio 1 mm. Em seguida devem ligar as duas circunferências através de linhas ao lado das circunferências

Posteriormente devem ser cortados e colados 20 setores em cada disco com cola com uma distância constante conforme apresentado na figura 11.

Figura 10 – Molde setor metálico

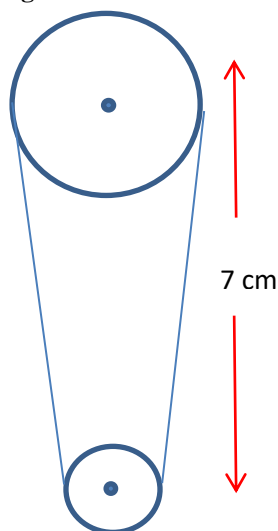


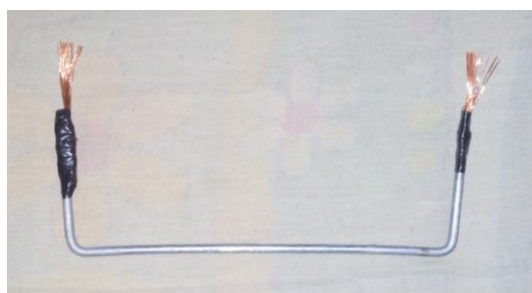
Figura 11 – Foto do disco



Neutralizadores e coletores

Para montar os dois neutralizadores (figura 12) foram cortados varetas de aço de aproximadamente 6 mm de diâmetro e 25 cm de comprimento e dobrado no formato de “C”. Nas extremidades colocamos escovas presas com fita isolante. Essas escovas foram feitas fio de baixo calibre desencapado e cortado aproximadamente uns 8 cm.

Figura 12 – Neutralizador



Cada neutralizador tem duas escovas. Os mesmos foram presos nas bases laterais com finalidade de que as escovas entrem em contato os seletores do disco.

Figura 13 – Coletores



Os dois coletores (figura 13) são feitos de fio rígido de cobre com comprimento de 25 cm. Eles são introduzidos na placa de madeira que esta presa na parte frontal da base

lateral. Os coletores devem ficar bem próximos aos discos, mas não podem, de forma alguma, encostar-se a eles.

Terminais faiscadores e manivela

Os terminais ou vara de descarga (figura 14) foram utilizados dois pedaços de fio de cobre com 25 cm de comprimento, sendo 18 cm desencapado. Elas são sustentadas por puxadores de madeira, na ponta dos coletores. Os puxadores foram furados para atravessar o fio na parte desencapada. Numa das extremidades desencapada foram colocado bola feita de papel alumínio.

Figura 14 – Terminais



A manivela é feita com um polia furada no centro para o encaixe do eixo inferior e outro na periferia para fixar uma vareta rosqueada no formato de “Z”, como mostra na figura 15.

Figura 15 – Manivela

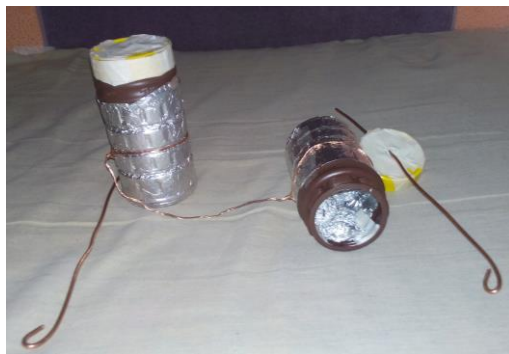


Garrafa de Leyden

A "Garrafa de Leyden" é um dos primeiros capacitores de alta tensão inventados. Esse dispositivo tem por finalidade armazenar cargas elétricas. Uma típica Garrafa de Leyden consiste em um pote cilíndrico de material isolante, revestida por uma lâmina metálica condutora por dentro e outra por fora garrafa. Uma haste metálica que atravessa tampa do pote que tem contato com a lâmina interior e um anel metálico faz contato com a folha exterior.

Para a construção da Garrafa de Leyden (figura 16), foi separado dois potes de achocolatado, com furo na sua tampa para inserir um fio de cobre em cada uma. No interior de cada pote de achocolatado foram revertidas com uma tira de papel alumínio outras duas tiras foram cortadas para envolver externamente os dois potes plásticos. É importante que o fio de cobre tenha contato com a tira de papel alumínio. Para melhorar o contato foram feito bolinhas de papel alumínio e colocada dentro de cada pote. O próximo passo foi ligar as garrafas com fio de cobre de baixo calibre.

Figura 16 – Garrafa de Leyden



Para montagem final, foram ligadas as polias superiores com as inferiores através dos elásticos amarelos e introduzido os eixos nas fendas das bases laterais. Em seguida foi feito o acerto dos neutralizadores a fim de que as escovas encostem nos setores metálicos dos discos. Podemos ver em detalhes a montagem final na figura 17.

Figura 17 – Visão lateral da máquina



Figura 18 – Visão frontal



5.3. Proposta de experimentos alternativos

Nesta seção serão apresentadas propostas de experimentos e temas importantes que podem ser trabalhados com a Máquina de Wimshurst.

5.3.1. Experimento 1 – Ventoinha eletrostática.

Neste experimento pode-se aplicar o conceito do poder das pontas. Além de poder trabalhar temas como vento elétrico. Deve ligar torniquete por um fio na haste metálica ao terminal (+) da Máquina de Wimshurst. À medida que a máquina vai gerando carga pode-se observar o torniquete girando.

Figura 19 - Ventoinha eletrostática



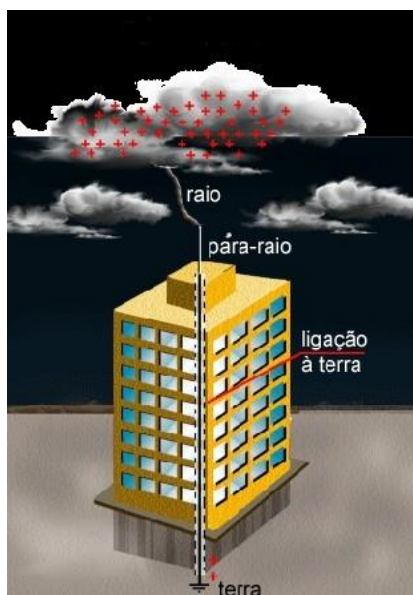
Fonte: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Demo%20Wimshurst.htm

A explicação para que o torniquete gire se dá através vento elétrico. Para a compreensão do vento elétrico o professor primeiramente deve trabalhar o conceito do poder das pontas. Quando um material condutor é carregado e esse material possui em sua extremidade uma ponta, há maior concentração de cargas nas pontas, por que ao ser carregado toda a superfície do material tem que está com o mesmo potencial, como a ponta tem um raio menor que do que o resto do condutor ele tem que ter um acumulo maior de cargas para que naquela ponta fique com o mesmo potencial das outras áreas.

Devido esse acúmulo de cargas nas pontas esse campo elétrico vai polarizar as moléculas de ar que ficam ao seu redor, ficando com cargas opostas ao condutor e consequentemente sendo atraídas. Quando a molécula de ar toca nas pontas ocorre uma transferência de cargas, tornando-se carga com mesma polaridade. Essas moléculas são repelidas, e a força dessa repulsão causa o vento eletrostático.

Uma explicação cotidiana sobre o poder das pontas é aplicado no para-raios. Este foi inventado no século XVIII, por Benjamin Franklin. É o equipamento mais indicado para proteção dos raios. Ele é formado por três elementos principais: uma haste de metal pontiaguda (captore), um cabo de ligação preso a isoladores e uma grande placa metálica enterrada no solo. O para-raio quando em ação está carregado de partículas elétricas e a nuvem carregada ao passa pelo equipamento o campo elétrico fica muito intenso. Dessa maneira a nuvem se descarrega através do para-raios.

Figura 20 – Funcionamento do para- raio



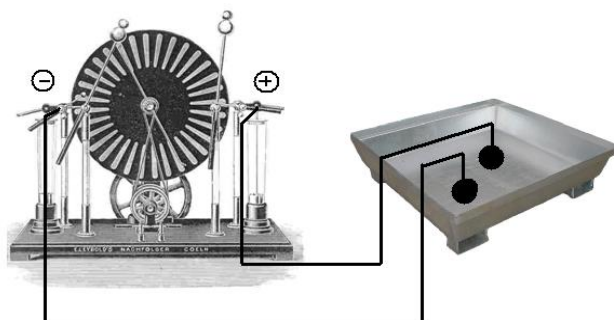
Fonte: <http://origemdascosas.com/a-origem-do-para-raios/>

5.3.1. Experimento 2 - Linhas de força do campo elétrico.

Nesse experimento os eletrodos que estão ligados aos terminais serão imersos na mistura heterogênea de óleo e fubá. À medida que as cargas entram em contato com a

mistura, as partículas de fubá são polarizadas e se alinham segundo as linhas do campo elétrico criado pelas cargas de sinais opostos dos eletrodos.

Figura 21 - Experimento 2 - Linhas de força do campo elétrico.



Fonte: <http://fis.sb-10.org/law/5596/index.html>.

O experimento tem como objetivo fazer que os alunos através da observação do fenômeno linhas de forças, aprendam o conceito de campo elétrico.

Campo elétrico é um pouco complexo, mas a fim de compreendê-lo mais facilmente podemos dizer que ele é análogo ao conceito de campo gravitacional. A ideia de campo na física aparece sempre que há uma força que não precisa de contato, por exemplo, quando deixamos um objeto cair, ele segue uma orientação para o chão, ou seja, ao soltar o objeto ele sente uma força da gravidade ou atraído pela gravidade, então esse objeto está sendo influenciado pela Terra, logo a Terra está criando um campo gravitacional em torno do objeto. Do Mesmo jeito se tiver uma carga elétrica (q_1), suponhamos de carga positiva e aparece outra carga positiva (q_2) perto, essa carga sentirá uma repulsão (carga do mesmo sinal sentem atração, com sinais diferentes elas atraem), logo ela sente uma força elétrica, ou seja, a presença (q_1) está influenciando o espaço dela com a eletricidade, podendo assim dizer que está criando um campo elétrico em sua volta.

Quando falamos em campo elétrico podemos citar que é dividida em duas partes: sempre que há uma carga eletrizada esta influencia o espaço ao seu redor, ela esta criando o campo elétrico, e ao aproximar uma segunda carga, ela sente o campo e sucederá uma força

entre elas conhecida como “força eletrostática”, com intensidade inversamente proporcional ao quadrado de suas distâncias.

Um campo elétrico possui tanto valor, como direção e sentido. O valor do campo em qualquer ponto é a força por unidade de carga.

Se um corpo com carga q experimenta uma força F em um determinado ponto espaço então o valor do campo elétrico nesse ponto é $E = \frac{F}{q}$.

Ao conectar os dois fios eletrizado com cargas opostas na mistura do óleo com fubá será possível observar as linhas do campo elétrico, a carga positiva (q_1) as linhas de forças saem dessa carga em direção radial. A carga negativa, (q_2) as linhas serão também em direção radial porem apontam para o centro da carga. Se essas duas cargas se interagem, as linhas de força q_1 interage com a linha de força q_2 , sempre saindo da carga positiva para carga negativa.

Figura 22 - Linhas de força do campo elétrico



Fonte : <http://fisorient6.blogspot.com.br/2012/04/experimento-con-la-maquina-de-wimshurst.html>

5.3.1. Experimento 3 - Pendulo eletrostático.

O pendulo eletrostático (figura 23) é usualmente utilizado para demonstrar fenômenos de atração ou repulsão. É um experimento muito vantajoso no entendimento dos métodos de eletrização e na visualização de um dos principais princípios da eletrostática.

Para funcionamento do experimento, deverá conectar os dois fios nos terminais da Máquina de Wimshurst em duas latas de alumínio, assim ao funcionar a maquina, as latas ficam carregadas, uma com car. Em um lápis, é amarrado um barbante e na outra ponta uma bolinha de alumínio. O lápis é posto sobre as duas latas a uma media distancia uma da outra, e a bolinha ficando aproximadamente no meio de ambas.

Figura 23 – Experimento 3 - Pendulo eletrostático



Fonte: http://rimstar.org/science_electronics_projects/franklins_bell_how_to_make.htm

Neste experimento a principio a bolinha de papel alumínio está neutra e não entrou em contato com as latas de alumínio, ao encostar a bola com uma das latas, vamos supor na lata positiva, ela irá carregar positivamente. Como a lata e a bolina estão positivas ocorre uma repulsão, já que cargas de mesmo sinal se repelem.

O que acontecesse seguinte é uma atração da outra lata carregada de carga negativa, cargas de sinais diferentes se atraem. Ao encostar com a lata de carga negativa, a bolinha de papel alumínio fica carregando negativamente, se repelindo novamente, sendo atraída pela

lata de carga positiva e assim se dá o movimento da bolinha de papel alumínio de um lado ao outro.

6. DISCURSÃO

São inúmeros experimentos que podem ser feitos com o tema eletrostática, porém nas escolas são poucos utilizados como recurso, isso se deve pelas dificuldades enfrentadas no cotidiano escolar. De acordo com Souza (2007), recursos didáticos são quaisquer as ferramentas utilizadas pelo professor que auxiliam o processo ensino-aprendizagem durante a explicação dos conteúdos. Segundo Costa (2012, p. 430) os recursos didáticos no ensino de Física podem ser muito importante, uma vez que, o professor, geralmente, tem que lidar com assuntos de difícil entendimento e abstratos para os alunos.

Quanto à abordagem experimental, o professor pode escolher realizar essas atividades de formas diferenciadas, seja como demonstrativa que de acordo com ARAÚJO e ABIB, (2003) serve para explicar alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados em sala, deixando-os mais visíveis, podendo contribuir para a compreensão de diversos aspectos relacionados ao mesmo. Ou como investigativa, nessa abordagem solicita maior participação dos alunos, tendo o professor como mediador para estimular os alunos na construção do conhecimento, para que tome decisão sobre a resolução do problema (OLIVEIRA, 2012). Nesse tipo de abordagem experimental, proporciona aos discentes oportunidades para o desenvolvimento da capacidade de observação, formulação de teste, discussão, reflexão, com o propósito de chegar a conclusões sobre o observado, assim, ampliando o seu conhecimento científico (ARAÚJO e ABIB, 2003, OLIVEIRA, 2012).

Conforme os PCN's de Ciências Naturais:

É sempre essencial a atuação do professor, informando, apontando relações, questionando a classe com perguntas e problemas desafiadores, trazendo exemplos, organizando o trabalho com vários materiais: coisas da natureza, da tecnologia, textos variados, ilustrações etc.. (BRASIL, 1998, p.28).

Faz-se necessário o uso da Máquina de Wimshurst como um recurso didático, trabalhando com uma abordagem diferenciada seja de modo demonstrativo ou investigativo, visto que esse recurso permite uma interação tanto professor-aluno como aluno-objeto podendo facilitar o professor a mediar o conhecimento como também motivar os alunos na aprendizagem. Segundo Porto (2010) o querer aprender pode ser guiado pela motivação, que a abordagem pedagógica tem uma relação com o motivar. Em tais fatos, os professores podem empregar da experimentação para que cativa e chame mais a atenção dos alunos, a fim de que os mesmos tenham mais interesse pelos conteúdos, elevando seu conhecimento científico.

Umas das vantagens de desenvolver o recurso didático com materiais de baixo custo é de resolver algumas das dificuldades para a não realização da experimentação no ensino de Ciências, tal como a indisponibilidade material e o falta espaço laboratorial para realizar das atividades experimentais, podendo assim ser feitas em sala de aula. Segundo Laburú (2008) atuação dos alunos em contato com recurso didático construído com materiais de baixo custo será menos mecânica e mais voltada para sua relação experimento-teoria, sem focar a respeito do funcionamento e as limitações do instrumento, dando mais valor para o aprendizado dos princípios fundamentais da ciência e ao seu uso na interação com a realidade.

Os experimentos aqui propostos trazem tanto conteúdo de Física de difícil entendimento, por não está visível diariamente como o conceito de campo elétrico, como também assunto que está presente no dia-a-dia, como é o caso das descargas elétrica oriunda da atmosfera.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta como apresentada, se baseia na confecção da máquina de Wimshurst como recurso didático, que por si só torna-se um excelente recurso aliado ao professor, como também no processo de uma série de experimentos com materiais adicionais para a visualização de fenômenos elétricos construídos para esse propósito. Esse poderá ser utilizado

para auxiliar o professor durante a abordagem do conteúdo, diversificando as suas aulas, e assim, tornando-as mais atrativas para seus alunos.

Essa pesquisa não tem o enfoque de avaliar a qualidade do recurso, mas sugerir uma proposta de ensino e aprendizagem diferenciada, para tentar demonstrar a relação de conteúdos de eletrostática com o cotidiano do aluno.

O trabalho corrobora incentivar professores a adotar a experimentação para produzir material didático não só para conteúdos de eletrostática, mas como outros conteúdos de física de difícil compreensão com finalidade de proporcionar melhoria no ensino-aprendizado. Podendo destacar a importância da experimentação em sala como aproximação dos métodos científico ampliando conhecimento dos estudantes.

8. REFERÊNCIAS

ALVES, Vagner Camarini; STACHAK, Marilei. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. **XVI Simpósio Nacional de ensino de Física-SNEF. Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE, Presidente Prudente-SP**, p. 1-4, 2005.

ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)**,1998.

BUENO, Regina de Souza Marques, KOVALICZN Rosilda Aparecida. "O ensino de ciências e as dificuldades das atividades experimentais." (2012).

CLEMES, G. FILHO, HJG; COSTA, S.(2012). Vídeo-aula como estratégia de ensino em física. **Revista Técnico Científica (IFSC)**, v. 3, n. 1, p. 422-431.

DE ANDRADE, M. L. F., MASSABNI V. G. **"O DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES PRÁTICAS NA ESCOLA: UM DESAFIO PARA OS PROFESSORES DE CIÊNCIAS** Practical activities development: a challenge to science teachers." *Ciência & Educação* 17.4 (2011): 835-854.

DE OLIVEIRA BARBOSA, Joaquim; DE PAULO, Sérgio Roberto; RINALDI, Carlos. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 105-122, 1999.

DE OLIVEIRA, Jane Raquel Silva. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2012.

FERNANDES, Simone Grellet Pereira. **Algumas considerações sobre o ensino de Física no Brasil e seus reflexos na formação de professores**. Revista Mimesis. Bauru, SP 18.1 (1997).

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GALIAZZI, M. C. et al. **Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências**. *Ciência & Educação*, vol. 7, n. 2, p.249-263, 2001

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LABURÚ, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 383-405, 2006.

Laburú, Carlos Eduardo, Osmar Henrique Moura da Silva, and Marcelo Alves Barros. "Laboratório caseiro pára-raios: um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática." **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** 25.1 (2008): 168-182.

LIMA, EA GAIO; FÍSICA, D. C. a importância da experimentação associada ao lúdico. 2009. Disponível em <http://www.ie.ufmt.br/semiedu2009/gts/gt4/ComunicacaoOral/ERONDINA%20AZEVEDO%20DE%20LIMA.pdf>> Acessado em 05 de Julho de 2016 as 09:32.

MENEGOTTO, J. C.; FILHO, J. B. R. **Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, vol. 7, nº 2, 2008.

NUNES, Leandro Nery, Máquinas Eletrostáticas de Baixo Custo. **FICHA CATALOGRÁFICA**. Diss. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

PIETROLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** 19.1 (2002): 93-114.

PINHO-ALVES, Jose. As Atividades Experimentais no processo de Ensino-Aprendizagem. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2005, Bauru/SP. Atas do V ENPEC, 2005. v. 1. p. 1-10.

PORTO, Franco de Salles. "**O impacto de exposições museológicas na motivação para aprender Ciências**." (2010).

QUEIROZ, A.C., Máquinas de Influência disponível em:<
<http://www.coe.ufrj.br/~acmq/wimport.html>>. Acessado em 16 de outubro de 2016 as 10:16.

RAMOS, L. B. C.; ROSA, P. R. S. O ENSINO DE CIÊNCIAS: FATORES INTRÍNSECOS E EXTRÍNSECOS QUE LIMITAM A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PELO PROFESSOR DOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

ROSITO, B. A. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, R. **Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas**. 2 ed. Porto Alegre: Editora EDIPUCRS, p.195-208, 2003.

SOUZA, Salete Eduardo. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. In: **I ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, IV JORNADA DE PRÁTICA DE ENSINO, XIII SEMANA DE PEDAGOGIA DA UEM: "INFANCIA E PRATICAS EDUCATIVAS"**. Maringá, PR, 2007.